

SINTEZA ALGORITMILOR DE ACORDARE A REGULATOARELOR ÎN BAZA REGIMULUI CRITIC AL SISTEMULUI AUTOMAT

Ion FIODOROV

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: A procedure of tuning of linear P , PD , PI , PID controllers to the objects' models with inertia, in conformity with the critical regime of works of automatical system, when it is leading to the autooscillations is proposed in this papers. The method is used to solve a particular example of tuning of PID controllers to the third order inertia models.

Cuvinte cheie: sistem de reglare automată, regulatoare tipizate, acordarea regulatoarelor, metoda gradului maximal de stabilitate, regim critic.

1. Introducere

În urma efectuării unui studiu observăm că parametrii dinamici de acord ai regulatoarelor liniare tipizate PID sunt într-o dependență față de variația constantelor temporale T_{Fi} , factorului de transfer k_F și a gradului de inerție n ale modelului obiectului reglat. Variația acestor parametri aduce implicit la variația parametrilor regimului critic al SRA, când acesta este adus la limita stabilității, și anume: perioadei oscilațiilor neamortizate T_{cr} , factorului de transfer al sistemului, ce corespunde regimului critic k_{cr} și a amplitudinii oscilațiilor neamortizate A_{cr} corespunzător.

În lucrarea dată se propune de a sintetiza algoritmi de acordare a regulatoarelor tipizate de tip PID în baza regimului critic al sistemului automat, când el este adus la autooscilații neamortizate. Dependențele parametrilor dinamici de acord ai regulatoarelor față de parametrii regimului critic de funcționare a SRA sunt determinate în conformitate cu metoda Gradului Maximal de Stabilitate (GSM) pentru sinteza SRA cu performanțe impuse [3, 4].

2. Sinteza algoritmilor de acordare a regulatoarelor

Presupunem că obiectul reglat se descrie cu f.d.t. a modelului obiectului cu inerție de gradul trei

$$H_F(s) = \frac{k_F}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)(T_3s + 1)}. \quad (1)$$

În pachetul de programe Matlab se simulează un SRA ce include modelul obiectului (1) și regulatorul PID .

Pentru sinteza algoritmului de acordare a regulatorului PID se parcurg următoarele etape:

1. Se fixează coeficientul de transfer al obiectului k_F și se modifică constantele temporale ale obiectului reglat. Pentru fiecare set de valori ale constantelor temporale se determină perioada oscilațiilor neamortizate T_{cr} și se calculează coeficienții de acord ai regulatorului după metoda GSM. Se construiesc dependențele $k_p = f(T_{cr})$, $k_i = f(T_{cr})$ și $k_d = f(T_{cr})$ și se aproximează cu expresii algebrice ce determină aceste dependențe.

2. Pentru un set de constante temporale ale obiectului (1) se variază coeficientul de transfer al obiectului k_F . Pentru fiecare valoare a coeficientului de transfer se determină valoarea coeficientului critic de transfer al SRA k_{cr} și se calculează parametrii de acord ai regulatorului după metoda GSM. Se construiesc dependențele $k_p = f(k_{cr})$, $k_i = f(k_{cr})$ și $k_d = f(k_{cr})$ și se aproximează cu expresii algebrice.

3. Expresiile obținute la pașii 1 și 2 se înmulțesc și se determină expresiile dependențelor parametrilor de acord atât față de variația perioadei oscilațiilor neamortizate T_{cr} , cât și față de variația coeficientului critic de transfer al sistemului k_{cr} : $k_p = f(T_{cr}, k_{cr})$, $k_i = f(T_{cr}, k_{cr})$ și $k_d = f(T_{cr}, k_{cr})$.

4. Se variază gradul de inerție al obiectului n . Pentru fiecare valoare a lui n se determină valoarea amplitudinii oscilațiilor neamortizate ale SRA A_{cr} și se calculează coeficienții de acord ai regulatorului după

metoda GMS. Se construiesc dependențele $k_p = f(A_{cr})$, $k_i = f(A_{cr})$, $k_d = f(A_{cr})$ și se aproximează cu expresii algebrice ce determină aceste dependențe.

5. Expresiile obținute la pașii 3 și 4 se înmulțesc și se determină expresiile dependențelor parametrilor de acord atât față de variația amplitudinii oscilațiilor neamortizate A_{cr} , cât și față de variația perioadei oscilațiilor neamortizate T_{cr} și a coeficientului critic de transfer al sistemului k_{cr} : $k_p = f(T_{cr}, k_{cr}, A_{cr})$, $k_i = f(T_{cr}, k_{cr}, A_{cr})$ și $k_d = f(T_{cr}, k_{cr}, A_{cr})$.

Expresiile algebrice, astfel obținute, reprezintă expresiile finale de calcul a parametrilor de acord k_p , k_i și k_d ai regulatorului liniar PID în conformitate cu Criteriul Regimului Critic Modificat (CRCM).

Aplicând aceeași metodă, se determină și expresiile algebrice pentru determinarea parametrilor de acord ai reguletoarelor liniare P, PD și PI.

3. Criteriul regimului critic modificat pentru acordarea reguletoarelor la modele de obiecte cu inerție și timp mort

Pentru aplicații practice metoda de acordare constă în următoarele.

Pentru un regulator PID se fixează $k_i = 0$, $k_d = 0$ și se modifică k_p până ce mărimea de ieșire a sistemului y intră într-un regim de oscilații neamortizate, deci sistemul ajunge la limita de stabilitate. Parametrii regimului critic al sistemului: coeficientul critic de transfer al sistemului k_{cr} , perioada oscilațiilor neamortizate T_{cr} și amplitudinea oscilațiilor neamortizate A_{cr} sunt utilizate pentru determinarea parametrilor de acordare optimă. Expresiile pentru calculul valorilor optime ale parametrilor de acordare sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Expresiile pentru calculul valorilor parametrilor de acord.

Tipul regulatorului	Expresiile pentru determinarea valorilor parametrilor de acord ai regulatorului, când $A_{cr} < 1,9$
P	$k_p = (0.29A_{cr}^2 - 1.13A_{cr} + 1.11)k_{cr}$
PD	$k_p = (0.51A_{cr}^2 - 2.06A_{cr} + 2.13)k_{cr}$; $k_d = (0.145A_{cr}^2 - 0.532A_{cr} + 0.515)k_{cr}T_{cr}$
PI	$k_p = 257k_{cr}e^{-4.7A_{cr}}$; $k_i = \frac{3751k_{cr}e^{-6A_{cr}}}{0.82T_{cr} + 0.006}$
PID	$k_p = 7015k_{cr}e^{-6.4A_{cr}}$; $k_i = \frac{47535k_{cr}e^{-7.8A_{cr}}}{0.4T_{cr} + 0.003}$; $k_d = (4T_{cr} + 0.0255)k_{cr}A_{cr}^{-9.9}$

3. Aplicații și simulare pe calculator

Pentru a verifica eficacitatea criteriului propus, în baza regimului critic al sistemului automat, efectuăm acordarea reguletoarelor tipizate la modelul obiectului cu inerție de ordinul trei (1). Pentru comparație vom utiliza și alte metode de acordare: Gradul Maximal de Stabilitate (GMS), Ziegler-Nichols (Z-N), Optimizarea parametrică (OP).

Pentru exemplificare, vom considera că parametrii modelului obiectului (1) au următoarele valori numerice: $k = 3$; $T_1 = 2s$; $T_2 = 2s$; $T_3 = 2s$. Rezultatele calculului sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Rezultatele acordării.

Nr. crt.	Metoda de acordare	Tipul regulatorului			
		P	PD	PI	PID
1	Criteriul Regimului Critic Modificat	$k_p = 0.0897$	$k_p = 0.3106$ $k_d = 0.6058$	$k_p = 0.2827$ $k_i = 0.0809$	$k_p = 0.4604$, $k_i = 0.1062, k_d = 0.5145$
2	Gradul maximal de stabilitate	$J_0 = 0.5$	$J_0 = 0.5$	$J_0 = 0.3536$	$J_0 = 0.3704$
		$k_p = 0$	$k_p = 0$ $k_d = 0$	$k_p = 0.1381$ $k_i = 0.0417$	$k_p = 0.2086$, $k_i = 0.0502, k_d = 0.1948$
3	Ziegler-Nichols	$k_p = 1.3343$	-	$k_p = 1.2009$ $k_i = 0.1736$	$k_p = 2.0015$, $k_i = 0.2315, k_d = 0.7200$
4	Optimizarea parametrică	$k_p = 1.7621$	$k_p = 2.7813$ $k_d = 1.1083$	$k_p = 0.5235$ $k_i = 0.0932$	$k_p = 1.3146$, $k_i = 0.1388, k_d = 1.3403$

Pentru analiza performanțelor SRA cu reglatoarele P, PD, PI și PID respectiv, acordate la modelul obiectului (1) după metodele nominalizate în tabelul 2, s-au efectuat simulări pe calculator a SRA utilizând pachetele de programe Simulink. Rezultatele simulării sunt prezentate în figura 1. Numerotarea curbelor proceselor tranzitorii corespunde numerotării metodelor în tabelul 2.

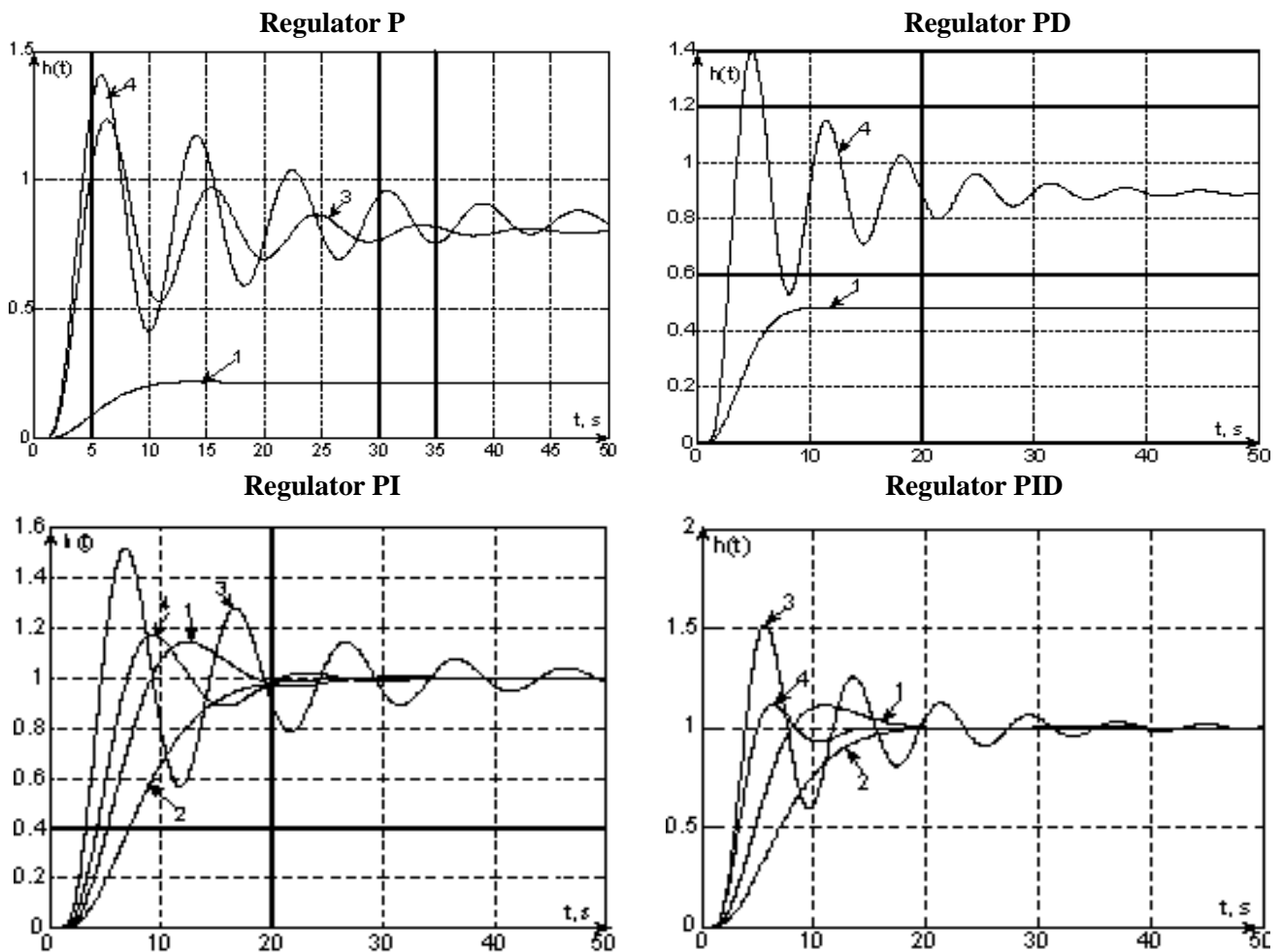


Fig. 1. Caracteristicile tranzitorii ale SRA.

În conformitate cu rezultatele simulării efectuate în Simulink au fost determinate performanțele sistemului, prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Performanțele SRA obținute în rezultatul simulării.

Nr. crt.	Metoda de acordare	Tipul regulatorului	Performanțele sistemului		
			t_r, s	$\sigma, \%$	ψ
1	Criteriul Regimului Critic Modificat	P	10	-	-
		PD	8	-	-
		PI	17,5	17	-
		PID	14	11	-
2	Gradul maximal de stabilitate	P	-	-	-
		PD	-	-	-
		PI	17,5	-	-
		PID	14,9	-	-
3	Ziegler-Nichols	P	29	42	0,57
		PD	-	-	-
		PI	42	50	0,44
		PID	34	56	0,57
4	Optimizarea parametrică	P	43	55	0,31
		PD	35	50	0,44
		PI	13	19,2	0,88
		PID	8,4	16	-

4. Concluzii

Criteriul propus reprezintă o metodă empirică de acordare a regulatorilor tipizate. Astfel pentru un sistem dat, în funcțiune, cu mărimea de referință și cu mărimile perturbatoare menținute constante, prin modificarea parametrilor de acord până se ajunge la limita de stabilitate, se determină amplitudinea și frecvența oscilațiilor întreținute, și valoarea critică a coeficientului de transfer al sistemului proiectat. Folosind aceste mărimi critice, ce caracterizează limita de stabilitate a sistemului, se determină valorile parametrilor de acord ai regulatorului.

Pentru aplicarea metodei nu este necesar de a cunoaște modelul obiectului reglat. E destul doar de a aduce sistemul la autooscilații și de a fixa parametrii regimului critic.

Expresiile pentru calculul parametrilor de acord ai regulatorilor sunt destul de simple și depind numai de acești trei factori.

În urma utilizării criteriului regimului critic modificat se obțin performanțe destul de bune ale SRA în comparație cu alte metode cunoscute. În majoritatea cazurilor procesele indiciale sunt aperiodice.

Metoda poate fi aplicată și la autoacordarea regulatorilor în timp real pentru procese lente.

Bibliografie

1. Dumitrache I., ș.a. *Automatizări electronice*. – București: Editura Didactică și Pedagogică, 1993 – 662 p.
2. Ким Д. П., Дмитриева Н. Д. *Сборник задач по теории автоматического управления* – М.: Физматлит, 2007 – 165с.
3. Fiodorov I., Fiodorov O. *Sinteza SRA cu performanțe impuse în baza criteriului gradului maximal de stabilitate / Proceedings of the 6th International Conference on "Microelectronics and Computer Science"*, Chișinău, 2009, p. 37-42.
4. Fiodorov I. *O metodă de acordare a regulatorilor la modele de obiecte cu inerție și timp mort / Proceedings of the 3rd International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2010, Chișinău, 2010, V.1, p. 129-134.*